Environnement Canada
Service canadien des forêts

Environment Canada
Canadian Forestry Service

Ergonomie et conduite d'une débusqueuse dans le nord de l'Ontario
Étude préliminaire

R.D.G. Webb et P.A. Hope

Rapport d'information DPC-X-15F

Environment Canada Environnement Canada
0084644C VOL ISS 15F 1983
EXC # 001
SD 13 I5314
RAPPORT D'INFORMATION DPC-X
OOFF

Service canadien des forêts
Environnement Canada

Le Service canadien des forêts (SCF) réunit la majorité des spécialistes fédéraux en foresterie. Son objectif général est de promouvoir l'aménagement et l'utilisation judicieux des ressources forestières du Canada pour le plus grand bien économique, social et environnemental des Canadiens.

Voici les principales fonctions du SCF:

1. Coordonner les politiques fédérales afin de favoriser l'amélioration de la gestion des ressources et l'expansion de l'industrie forestière.
2. Fournir une orientation scientifique et technologique dans le domaine de la foresterie, par la recherche et le développement.
3. Fournir et analyser les statistiques et l'information nationales et internationales qui serviront à établir les politiques.
4. Mettre au point et homologuer des codes et des normes en matière de rendement des produits du bois.
5. Protéger les forêts canadiennes en luttant contre les ravageurs étrangers.
6. Parrainer l'utilisation éventuelle des ressources forestières pour la production d'énergie.
7. Adhérer aux objectifs environnementaux du ministère de l'Environnement.

Divers organismes fédéraux participent aux programmes forestiers, et un comité de la stratégie forestière fédérale a été créé pour coordonner les activités fédérales en matière de foresterie. Le SCF a été désigné organisme directeur.

Le SCF comprend une administration centrale, six centres de recherche forestière et deux instituts nationaux. Les centres de recherche forestière doivent répondre aux impératifs régionaux et entretenir une liaison étroite avec les ministères provinciaux des Forêts. Ils participent également à des programmes nationaux dont ils assument fréquemment la direction. Les instituts nationaux sont les foyers des programmes d'envergure nationale.

Ergonomie et conduite d'une débusqueuse dans le nord de l'Ontario
Étude préliminaire

par

R. D. G. Webb[1] et P. A. Hope[1]

Rapport d'information DPC-X-15F
Service canadien des forêts
Environnement Canada
1983

Préparé à forfait pour le compte du
Service canadien des forêts
Contrat n° 475S KN 107-1-4539

[1]Unité d'ergonomie, École de biologie humaine,
Université de Guelph

©Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1983
N° de catalogue Fo46-13/15-1983F
ISBN 0-662-92224-7
ISSN 0705-3258

D'autres exemplaires peuvent être obtenus à l'adresse suivante:
Centre de distribution
Environnement Canada
151, rue Jean-Proulx
Hull (Québec)
K1A 1C7

This publication is also available in English under the title *Ergonomics and Skidder Operations in Northern Ontario: A Preliminary Investigation.*

Résumé

Le présent document rend compte de l'observation de 25 débusqueurs au travail dans le nord de l'Ontario et des entrevues avec 23 d'entre eux. Vingt-et-une débusqueuses ont été évaluées quant aux bruits, aux vibrations globales du corps et (ou) à la sortie ou l'entrée de la cabine ainsi que ses dimensions internes. Les études ergonomiques recommandent l'analyse des taux de vibrations globales du corps, de la fréquence des montées et des descentes, des conditions thermiques et des communications entre le bûcheron et le débusqueur. Plusieurs modifications précises de l'entrée de la cabine et de ses caractéristiques internes sont traitées.

Abstract

Twenty-five skidder operators were observed at work in Northern Ontario and twenty-three operators were interviewed. Twenty-one skidders were assessed for noise, whole-body vibration and/or exit and entry and internal cab dimensions. Ergonomic considerations recommended for further consideration include whole-body vibrations levels, mounting and dismounting frequency, thermal conditions, and feller-skidder operator communication. Several specific modifications to cab entrance and internal characteristics are discussed.

Remerciements

Ce rapport a pu être produit grâce à la collaboration active de plusieurs personnes de l'industrie de l'abattage. Je voudrais remercier en particulier Don Myles, du Service canadien des forêts, Guy Fiset et Jean-Pierre Johnson, de Henry Fiset and Sons Ltd., John Garner, de Great Lakes Forest Products Ltd., Ron Philbin, de F.P.A.P.A., ainsi que les nombreux débusqueurs, superviseurs, mécaniciens et contremaîtres de chantiers qui se sont aimablement dérangés pour nous aider et nous fournir les renseignements utiles désirés.

Table des matières

Sommaire 1

Définitions 4

Introduction 5

Méthode 7

Résultats 10

Analyse 19

Conclusions 25

Bibliographie 27

Sommaire

Objectifs

1. Présenter une étude préliminaire des facteurs ergonomiques reliés à la conduite d'une débusqueuse.
2. Identifier les facteurs ergonomiques additionnels qu'il serait utile d'étudier.
3. Commenter les conditions de travail observées en fonction du bien-être et du rendement.

Aperçu

La conduite d'une débusqueuse a été observée à 17 endroits différents. Les facteurs suivants ont été évalués:

1. Les caractéristiques du cycle de travail.
2. Les caractéristiques environnementales – température, bruit, vibrations globales du corps.
3. Caractéristiques internes de la cabine, y compris le siège.
4. Caractéristiques de montée et de descente.

Vingt-trois débusqueurs des endroits observés ont été interviewés. La grille de l'entrevue comprenait 84 questions traitant des sujets suivants:

1. Détails biographiques
2. Description du cycle de travail
3. Apprentissage du travail
4. Organisation du travail
5. Accidents et dangers
6. Fatigue musculaire
7. Montée et descente
8. Dimensions de la cabine
9. Siège
10. Instruments et commandes
11. Environnement
12. Modifications.

Conclusions

1. Malgré les contraintes reliées au choix et à l'importance de l'échantillon, les caractéristiques de l'échantillon observé ne semblent pas donner une indication générale de la conduite d'une débusqueuse.
2. Des niveaux élevés de vibrations globales du corps ont été consignés; les impacts subits étaient très fréquents et brusques. Les débusqueurs étaient fréquemment projetés contre les structures intérieures de la cabine. Les effets possibles des niveaux de vibrations observés comme des troubles internes et ceux de la colonne vertébrale sont une source de préoccupation.

3. Les niveaux de bruit observés étaient pour la plupart au-dessus des niveaux recommandés. La protection de l'ouie était généralement peu souhaitée et perçue comme un facteur perturbant de l'information auditive essentielle.
4. Les conditions thermiques influençaient l'activité et l'habillement, accélérant probablement le refroidissement du corps en hiver au cours des phases moins actives du cycle de travail.
5. La fréquence des montées et des descentes était élevée et influait sur les habitudes de montée et de descente, l'utilisation de la ceinture de sécurité et les possibilités de réglage thermique à l'intérieur de la cabine, de faux pas et de chute. La montée et la descente étaient perçues par les débusqueurs comme étant une cause importante de fatigue.
6. La manque de communication entre le bûcheron et le débusqueur constituait un danger.
7. L'intérieur de la cabine présentait les lacunes suivantes:
   manque d'espace au-dessus de la tête
   manque d'espace de rangement
   absence de barres de prise
   absence de coussins protecteurs
   siège non ajustable
   absence de réglage thermique
8. Les points suivants nuisaient à l'entrée et à la sortie:
   dimensions des rampes de prise
   dimensions des marches
   espace de sortie
9. La plupart des débusqueurs avaient reçu une formation officielle très limitée ou même aucune.

Recommandations

1. La réduction de l'exposition aux vibrations globales du corps ainsi que de la fréquence des montées et des descentes devrait faire l'objet d'examen en tout premier lieu.
2. Des travaux additionnels sont nécessaires pour confirmer et ajouter à ces résultats, en particulier en ce qui a trait aux vibrations globales du corps. Des renseignements supplémentaires sont requis concernant:
   les vibrations globales du corps

- la vitesse du véhicle, les habitudes de conduite, le rendement et la vibration
- la fréquence et l'intensité des impacts
- les effets à long terme sur les débusqueurs

la fréquence et les habitudes des montées et des descentes en fonction des demandes du cycle de travail

les communications entre le bûcheron et le débusqueur

les conditions thermiques.

3. Examiner les possibilités d'améliorations à court terme concernant:

les poignées à l'intérieur et à l'extérieur de la cabine

les caractéristiques des marches et de l'entrée

les caractéristiques du siège

l'espace au-dessus de la tête à l'intérieur ainsi que le capitonnage protecteur

les caractéristiques thermiques et de visibilité des vêtements.

Définitions

Les unités du système métrique ont été utilisées tout au long du présent rapport. Le glossaire qui suit décrit brièvement quelques-unes des unités et abréviations utilisées.

Leq:	une unité se rapportant au niveau équivalent du régime permanent d'une variable à fluctuation continue.
éc.-t.:	écart-type. Une mesure de variabilité à l'intérieur de l'échantillon.
er.-t.:	erreur-type. Une estimation de la précision de la valeur moyenne de l'échantillon servant à prévoir la valeur moyenne de la population en général.
dB:	décibel. Une mesure logarithmique du bruit et de la vibration.
dBA:	une mesure logarithmique pondérée du bruit utilisée dans l'évaluation de son impact sur les humains.
axe des x:	l'axe poitrine-dos du corps dans le contexte des vibrations globales du corps.
axe des y:	l'axe gauche-droite du corps dans le contexte des vibrations globales du corps.
axe des z:	l'axe vertical du corps dans le contexte des vibrations globales du corps.
PRS:	point de référence du siège. Un point de référence à la base et au dos du siège où le plan horizontal du dossier coupe le plan horizontal du soubassement de siège.
n:	le nombre d'observations résumé par la statistique indiquée.
x:	le symbole de la valeur moyenne.

Introduction

On dit souvent que l'exploitation améliorée ou même efficace de systèmes est limitée non plus tellement par des facteurs mécaniques mais humains. Par exemple, le coût élevé de la productivité dans l'abattage du bois au Canada comparativement aux secteurs compétitifs (Industrie et Commerce, 1978) pourrait être attribuable aux conditions canadiennes défavorables. Cependant, ce fait même souligne le besoin d'optimiser les facteurs humains dans les systèmes personne-machine. À ce sujet, Cottell *et al.* (1980) cite une gamme de facteurs mécaniques et humains qui pourraient réduire la disponibilité des machines et contribuer à la faible productivité. Ces facteurs sont aggravés par des accidents coûteux. Il faut tenir compte non seulement des frais d'indemnité, déjà élevés dans l'industrie forestière, mais également des coûts indirects. Ces derniers sont évalués par certains comme étant aussi élevés que six fois les coûts directs et comprennent la perte de travailleurs expérimentés, le temps mort machine, le coût relié à la sélection et à la formation de substituts de même que les frais juridiques et autres.

La plupart des tâches professionnelles peuvent être considérées comme étant des systèmes personne-machine-environnement. Cette méthode permet d'identifier et de minimiser avec plus de facilité les problèmes d'interface personne-machine et personne-environnement. La composante humaine pourra donc fonctionner avec plus d'efficacité par rapport aux objectifs des systèmes. À court terme et à long terme, un système plus rentable émergera: le rendement sera optimisé et le temps d'apprentissage réduit de même que l'absentéisme et le roulement de personnel, et les accidents seront évités.

L'abattage au Canada comporte divers systèmes de récolte. L'un des moins mécanisés mais des plus communs est l'équipe de coupe et de débusquage. Cette équipe se compose habituellement d'un bûcheron et d'un débusqueur. La présente étude porte sur le stress professionnel relié à la conduite d'une débusqueuse pour transporter les grumes de leur point d'abattage, et vu quant à son impact possible sur le rendement et le bien-être du débusqueur et donc sur l'efficacité du système de débusquage dans son ensemble.

Dans un cycle de travail typique, le débusqueur conduit le véhicule de la jetée au point d'abattage où il le place dans une position appropriée, descend et tire le câble principal et les colliers à boucle (*chokers*) vers les grumes. Lorsque les colliers ont été fixés sur les grumes, le débusqueur retourne au véhicule, monte à l'intérieur et hisse les grumes. Cette dernière opération peut être répétée plusieurs fois jusqu'à ce qu'une charge complète de grumes ait été montée. Le débusqueur conduit ensuite son véhicule à la jetée où les grumes sont déposées, empilées et aboutées. Le cycle est ensuite répété. Chaque

cycle prend environ 20 minutes et 20 à 25 cycles sont effectués la plupart des jours ouvrables.

Les exigences auxquelles doit faire face le débusqueur pendant ce cycle sont très peu connues de même que leurs conséquences sur la personne ou sur le système. Cette étude a donc été entreprise pour examiner le travail du débusqueur et évaluer de façon préliminaire les facteurs ergonomiques présents dans un ensemble de conditions au Canada. Le cadre de l'étude a été limité au cycle de travail typique décrit ci-dessus. Les tâches d'entretien ont été exclues de cette étude.

La figure 1 donne un aperçu d'un système simple personne-machine-environnement.

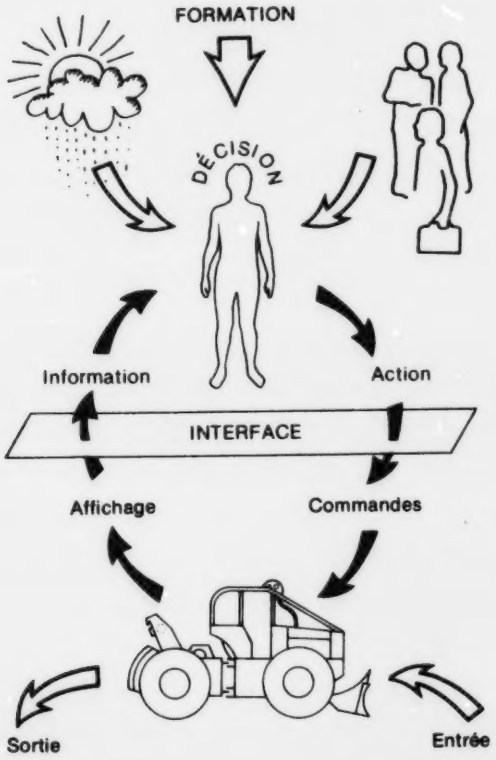

Figure 1: Un système personne-machine-environnement

Méthode

Aperçu

Au cours des mois de juillet et août 1982, le travail des débusqueurs a été examiné dans deux régions géographiques, soit Thunder Bay et New Liskeard.

Vingt-cinq débusqueurs ont été observés au travail (âge moyen 34,4 ans) et la durée du cycle de travail a été consignée. Vingt-trois de ces débusqueurs, tous des hommes, ont été interviewés. Cinq d'entre eux étaient propriétaires de leur machine. Les autres conduisaient des véhicules appartenant à la compagnie. Tous les débusqueurs propriétaires travaillaient par équipes de deux hommes. Neuf débusqueurs à l'emploi de la compagnie travaillaient par équipes de 2 hommes et 11 autres par équipes de 3 hommes.

Dix modèles différents de machines provenant de cinq fabricants distincts ont été comparés avec une liste de contrôle quant aux dimensions et à l'aménagement de la cabine et aux caractéristiques de l'entrée et de la sortie. La liste de contrôle a été tirée de Aminoff *et al.*, 1980; Purcell, 1980; Bottoms *et al.*, 1979; et Couch et Fraser, 1981.

Les niveaux de bruit de 17 machines différentes provenant de 5 fabricants distinct ont été consignés. Les niveaux de vibrations globales du corps observés dans 21 machines provenant de 5 fabricants distincts ont été consignés.

Appareils

Les niveaux de bruit ont été consignés à l'aide d'un dosimètre de bruit Bruel et Kjaer de type 4425 et d'un indicateur de niveau de bruit Bruel et Kjaer de type 2225. Les niveaux de vibrations ont été consignés à l'aide d'un compteur Bruel et Kjaer de vibrations de réaction humaine de type 2512 et d'un accéléromètre de siège triaxial de type 4322.

Entrevues

Les entrevues ont été menées à l'aide d'un programme de questions prédéterminées. Ce programme était basé sur un examen d'autres études (Pasmooij et van der Grinten, 1981; Aminoff *et al.*, 1980; Rehschuh et Tzschockel, 1979) et des échanges avec certains auteurs que nous remercions.

Les 84 questions posées se répartissaient dans les catégories suivantes:

1. Détails biographiques
2. Description du cycle de travail
3. Apprentissage du travail
4. Organisation du travail
5. Accidents
6. Fatigue musculaire
7. Montée et descente
8. Dimensions de la cabine
9. Siège
10. Instruments et commandes
11. Environnement
12. Modifications.

Les questions de l'entrevue étaient orientées par le programme, mais l'entrevue elle-même, d'une durée approximative de 75 minutes, se déroulait de la façon la moins officielle possible.

Méthode

Pour chacune des équipes observées, un premier contact était établi avec le superviseur. Après qu'on eut expliqué le but de l'étude, l'équipe était observée pendant quelques cycles de travail. Au cours de cette période, une évaluation subjective du terrain était effectuée, et le modèle de la machine ainsi que l'année de fabrication, consignés.

Après cette première étape, l'accéléromètre de siège était mis en place, et la mallette portative contenant les instruments auxiliaires était fixée solidement à la débusqueuse. La figure 2 présente le montage typique. Ensuite, l'usage du dosimètre de bruit était expliqué au débusqueur qui le portait.

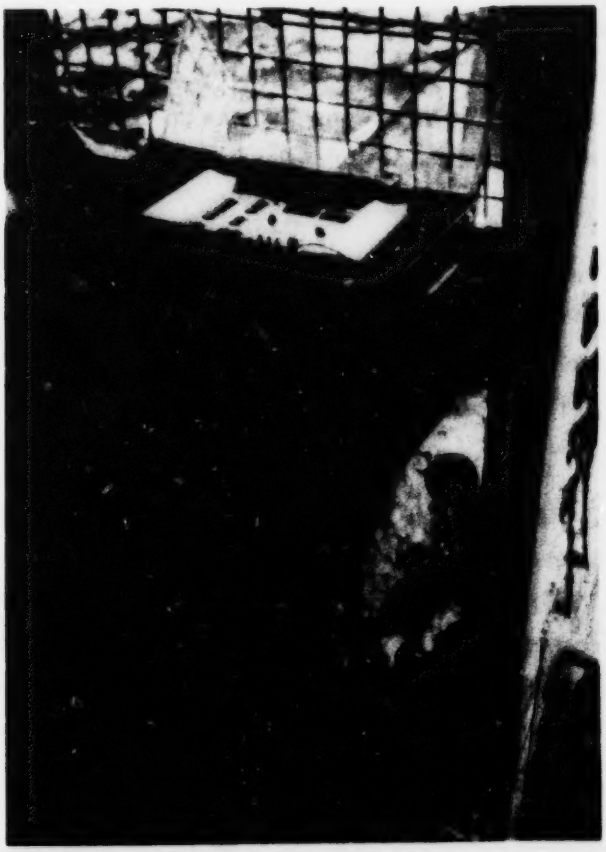

Figure 2: Installation des instruments

Lorsque le protocole d'installation était terminé, le débusqueur retournait au travail et exécutait ses tâches de la façon habituelle. Avant chaque cycle de travail, l'appareil de mesure était ramené à zéro et remis en marche. Après chaque cycle, le débusqueur descendait, l'instrument était arrêté et les niveaux étaient consignés pour le cycle. Au cours de chaque cyle, les sous-composantes du travail étaient chronométrées et des notes étaient prises relativement au type d'activité observé. La fréquence et la façon de monter et de descendre étaient également consignées. Dans la plupart des cas, au moins trois cycles de travail complets étaient ainsi consignés.

Une fois la consignation du cycle de travail terminée, les instruments étaient recueillis et le débusqueur invité à donner ses commentaires. Une entrevue était alors fixée. On tentait de trouver une période au cours de laquelle elle pourrait se dérouler privément. Dans la plupart des cas, l'entrevue avait lieu en soirée au camp d'abattage; elle s'est parfois tenue au cours de la pause du dîner. En trois occasions il a fallu faire appel à un interprète.

Au cours d'une période de pause appropriée au cours de la journée de travail, les niveaux de bruit étaient consignés, la machine étant stationnaire et le moteur, au ralenti, fonctionnant à plein gaz. Pour prendre cette mesure, le microphone du compteur était tenu approximativement au niveau de la tête des débusqueurs, qui n'étaient pas dans la cabine.

Résultats

Introduction

Cette section présente un résumé des principaux résultats. Des détails supplémentaires apparaissent dans les annexes qui accompagnent le rapport principal.

Durée d'un cycle de travail

La durée moyenne observée d'un cycle était de 17,3 minutes (er.-t. 2,2). Au cours de ce cycle, le débusqueur demeurait 10,6 minutes à l'intérieur de la débusqueuse pour la conduire ou effectuer le treuillage et travaillait 6,7 minutes à l'extérieur du véhicule pour attacher ou détacher les colliers. Au cours d'un cycle typique, le débusqueur montait et descendait du véhicule 10 fois.

Niveaux de bruit

Le tableau 1 montre les niveaux de bruit. Ces chiffres représenent la moyenne calculée à partir d'observations de 17 machines (9 modèles différents variant en âge de 2 à 16 ans). La dose de bruit pour une durée de sept heures et les niveaux de bruit pendant le travail représentent les données de 57 cycles de travail.

Tableau 1. Niveaux de bruit

Mesure	Moyenne	er.-t.*
Dose de bruit pendant 7 h	191,0 %	18,8
Niveau de bruit au ralenti	82,8 dBA (Leq)	0,8
Niveau de bruit de manoeuvre	93,6 dBA (Leq)	0,8
Niveau de bruit à plein gaz	99,2 dBA (Leq)	1,0

*er.-t. = erreur-type.

Niveaux de vibrations globales du corps

Le tableau 2 montre les niveaux de vibrations globales du corps pour l'axe des z vertical. Ces chiffres représentent les données provenant de 21 machines (9 modèles différents) et de 60 cycles de travail.

Tableau 2. Niveaux de vibrations globales du corps (axe des z)

Mesure	Moyenne	er.-t.
Accélération sur l'axe des z	117,8 dB (Leq)	0,3
Pic de l'axe des z	148,7 dB	2,0
Dose/cycle*	46,4 %	6,2
Durée moyenne du cycle	19,0 min	1,0

*La fatigue diminue les limites du rendement - ISO 2631 - 1978E.

Le tableau 3 montre les niveaux de vibrations des axes des x et des y (engrenage et cylindre) pour 7 cycles de travail et 4 machines.

Tableau 3. Niveaux de vibrations globales du corps (axe des x et des y)

Mesure	Moyenne	er.-t.
Accélération sur l'axe des x	119,2 dB (Leq)	0,6
Pic de l'axe des x	146,4 dB	3,8
Dose/cycle*	23,9 %	3,6
Durée moyenne du cycle	11,8 min	0,8
Accélération sur l'axe des y	116,9 dB (Leq)	0,6
Pic de l'axe des y	141,4 dB	1,4
Dose/cycle*	11,4 %	2,6
Durée moyenne du cycle	13,4 min	0,9

*La fatigue diminue les limites du rendement - ISO 2631 - 1978E.

Dimensions internes de la cabine

Le tableau 4 indique le nombre de machines qui satisfont aux recommandations des listes normalisées de contrôle relatives aux dimensions internes des cabines (Aminoff *et al.*, 1980; Purcell, 1980; Pasmooij et van der Grinten, 1981; Zerbe, 1979).

Tableau 4. Dimensions de la cabine

Mesure	Recommandation	Acceptable
Largeur de la cabine	90 cm min.	10/10
Hauteur de la cabine	160 cm min.	1/10
Profondeur de la cabine	130 cm min.	3/10
PRS* - Paroi de droite	45 cm min.	9/10
PRS - Paroi de gauche	45 cm min.	10/10
PRS - Paroi antérieure	65 cm min.	10/10
PRS - Plancher	40 - 50 cm	7/10

*PRS - point de référence du siège.

Caractéristiques du siège

Le tableau 5 indique le nombre de machines qui satisfont aux recommandations de la liste de contrôle relative aux caractéristiques du siège.

Tableau 5. Caractéristiques du siège

Mesure	Recommandation	Acceptable
Dossier		
Largeur	40-50 cm	4/10
Hauteur	40-50 cm	1/10
Angle	95-110°	0/10
Ajustement	requis	0/10
Coussin		
Largeur	44 cm min.	10/10
Épaisseur	4-10 cm	7/10
Ajustement	requis	0/10
Mouvement		
Vertical	10 cm	0/10
Avant-arrière	6 cm	3/10
Appui-bras	requis	0/10

Entrée de la cabine

Le tableau 6 indique le nombre de machines qui satisfont aux exigences de la liste de contrôle pour l'entrée de la cabine.

Tableau 6. Dimensions de l'entrée

Mesure	Recommandation	Acceptable
Porte		
Hauteur	160 cm min.	1/10
Largeur	62 cm min.	0/10
Hauteur de la marche		
Marche 1	40 cm max.	0/10
Marche 1 - 2	20-30 cm	2/10
Marche 2 - 3	20-30 cm	2/2
Largeur de la marche	30 cm min.	5/10
Profondeur de la marche	10 cm min.	5/10
Rampes de prise (Distance base-sol)		
Rampe gauche	160 cm max.	0/10
Rampe droite	160 cm max.	0/10

Commandes

Le tableau 7 montre si les commandes identifiées sont à l'intérieur de la zone de confort recommandée par les listes de contrôle.

Tableau 7. Positions des commandes

Fonction des commandes	Acceptable
Direction	7/10
Lame	2/10
Transmission	5/10
Treuil	0/10

Appareils

Le tableau 8 montre l'acceptabilité d'un modèle d'instrument selon les recommandations de la liste de contrôle.

Tableau 8. Conception des appareils

Fonction de l'instrument	Acceptable
Position centrale	
Pression de l'huile	1/9
Température de l'eau	6/9
Code couleur	5/9
Vue non obstruée	3/9
Aménagement symétrique	3/9

Entrevues

Tous les détails des questions et des réponses apparaissent dans des annexes qu'on peut se procurer sur demande. Un résumé des réponses est fourni ci-dessous.

Cycle de travail

Les débusqueurs ont mentionné deux aspects difficiles du travail. L'un d'eux était la difficulté physique de traîner le câble principal, de monter et de descendre du véhicule ainsi que de subir les secousses continues lors de la conduite. L'autre concernait les difficultés reliées aux tâches exigeant de l'habilité et de l'expérience comme l'empilage des grumes, la fixation correcte des colliers, la conduite sur des terrains inégaux et le travail de treuillage.

Apprentissage du travail

En général, les débusqueurs ont indiqué qu'un apprentissage de six à huit semaines était nécessaire pour apprendre à manoeuvrer la débusqueuse efficacement. Cependant, certains débusqueurs n'apprenaient à utiliser la machine qu'au bout de six à sept mois. La plupart des débusqueurs interviewés n'avaient reçu aucune formation officielle, étant en grande partie autodidactes, avec un peu d'aide des superviseurs ou des vendeurs. Deux débusqueurs avaient suivi un cours de niveau collégial pendant huit mois et un autre avait reçu une formation de la compagnie d'une durée de deux jours. Les travailleurs qui

n'avaient pas reçu de formation ont indiqué qu'il s'était écoulé une période plus longue avant qu'ils ne se perçoivent comme exécutant leurs tâches efficacement.

Presque tous les débusqueurs interviewés (91 %) avaient de l'expérience dans le travail forestier en qualité de bûcherons avant de conduire des débusqueuses. La plupart (70 %) avaient également conduit d'autres véhicules lourds. Les aptitudes les plus importantes étaient perçues comme étant, dans l'ordre, la connaissance de la situation du bûcheron, la connaissance du terrain et des obstacles de même que la connaissance de la puissance et de la stabilité des machines. Les tâches les plus difficiles à apprendre étaient, dans l'ordre, l'empilage, la manipulation des commandes (plusieurs ont indiqué des difficultés lorsqu'ils utilisaient une machine où les commandes étaient disposées différemment), le recul en position, l'évaluation de la stabilité et de la puissance de traction de la machine, et le choix de la meilleure méthode pour fixer les colliers aux grumes.

Organisation du travail

L'équipe constituait, disait-on, une importante composante du travail. Le besoin d'échanges ainsi que la connaissance des méthodes de travail préférées de chacun étaient souvent mentionnés.

La communication entre le bûcheron et le débusqueur était souvent difficile et se faisait habituellement par signaux manuels. Un signal auditif commmun consistait à éteindre sa machine pour indiquer le besoin de parler. La plupart des opérateurs (77 %) mentionnaient avoir manqué un important signal du bûcheron à un moment ou l'autre. Les débusqueurs étaient inquiets lorsqu'ils ne pouvaient localiser les allées et venues du bûcheron, et le signal utilisé le plus fréquemment était le bruit de la scie à chaîne. Dans le sous-bois épais ou quand la visibilité était réduite, les débusqueurs enlevaient fréquemment leur protecteur auditif ou éteignaient le moteur de leur machine afin de localiser le bûcheron.

Les heures de travail variaient entre les débusqueurs à l'emploi de la compagnie et les débusqueurs propriétaires. Ces derniers travaillaient de plus longues heures en été (9 à 11 heures/jour) et prenaient une longue pause pour le dîner mais aucune durant l'après-midi. Tous les débusqueurs préféraient travailler en automne ou en hiver plutôt qu'en été ou au printemps.

Accidents

Le danger le plus fréquent consistait en objets projetés à l'intérieur de la cabine. Les autres dangers perçus et les accidents produits ou évités de justesse qui ont été

signalés comprenaient le renversement de la débusqueuse, les faux pas et les chutes lors de la descente, le glissement ou le coincement des mains et des pieds en attachant les colliers ou en tirant le câble principal ainsi que les secousses reçues en conduisant sur un terrain accidenté.

Fatigue musculaire

Des indications de courbature ou de douleur au dos, au cou, aux bras et aux épaules étaient courantes et reliées selon les débusqueurs aux secousses reçues en conduisant. Les mentions de fatigue dans les jambes étaient également nombreuses et associées aux montées et descentes fréquentes. Parfois la descente secouait aussi le dos des débusqueurs.

Montée et descente

La montée et la descente donnaient lieu à de nombreux faux pas. La plupart des débusqueurs sautaient en tournant le dos à la cabine, façon de procéder qu'on expliquait le plus souvent ainsi: dû au manque d'espace il était peu commode de se retourner en sortant, et en faisant face à la cabine il était impossible de voir où l'on plaçait ses pieds. La descente le dos à la cabine était perçue comme plus rapide, moins difficile physiquement et plus sécuritaire.

Dimensions de la cabine

Les conducteurs de taille forte jugeaient la cabine trop petite et plusieurs débusqueurs auraient préféré plus d'espace de rangement. Des opérateurs ont critiqué le manque d'espace au-dessus de la tête et ont indiqué s'être frappé durement la tête lorsqu'ils étaient projetés contre les parois intérieures en conduisant. Les débusqueurs de taille inférieure ont mentionné certaines difficultés à rejoindre les commandes au pied et manuelles. Lorsque les commandes au pied étaient trop éloignées, les débusqueurs devaient s'avancer sur leur siège et perdaient le support du dossier du siège.

Plusieurs débusqueurs ont souligné le champ de vision restreint, précisément vers l'arrière. La posture gênante requise pour voir à l'arrière occasionnait beaucoup de fatigue. Les secousses fréquentes reçues alors que la colonne vertébrale était tordue pour voir à l'arrière étaient particulièrement déplaisantes.

Siège

La plupart des débusqueurs (78 %) étaient d'avis que les qualités d'absorption de chocs de leurs sièges étaient inadéquates. La plupart des sièges ne comportaient aucune

suspension. Les débusqueurs plus légers rebondissaient sur les sièges avec suspension, et lors de fortes secousses des sièges s'enfonçaient, ce qui était particulièrement déplaisant. En hiver, les sièges gelaient habituellement, ce qui augmentait considérablement les secousses. En se retournant pour voir de côté ou à l'arrière, les structures latérales de certains dossiers obstruaient le mouvement du corps. Aucun débusqueur n'utilisait la ceinture de sécurité fournie, tous donnant comme raison les fréquentes montées et descentes.

Instruments et commandes

Plusieurs débusqueurs ont souligné l'utilisation malaisée des commandes manuelles ainsi que le manque d'uniformisation d'une machine à l'autre. Des mouvements gênants du poignet et de l'avant-bras étaient souvent mentionnées. Certains débusqueurs avaient modifié les leviers de commande pour séparer davantage des commandes portant à confusion ou faciliter la manipulation.

Conditions environnementales

L'environnement thermique était rarement adéquat. En été, la chaleur de la machine s'ajoutait au stress thermique. Des ventilateurs avaient été installés dans certaines machines, mais ils projetaient souvent de la poussière au visage des débusqueurs. En hiver, le débusqueur qui était vêtu de façon à avoir chaud lorsqu'il conduisait suait en attachant les colliers à boucle. La transpiration réduisait la qualité d'isolation des vêtements et accélérait le refroidissement quand le débusqueur était assis dans la cabine pour conduire. Le froid était accentué par le plancher d'acier de la cabine et le manque de protection contre le vent. Les débusqueurs se sont considérablement plaints du siège qui était non seulement froid, mais souvent gelé dur.

La plupart des débusqueurs préféraient ne pas porter des protecteurs auditifs parce que ces derniers nuisaient au repérage du bruit de la scie à chaîne des bûcherons et causaient la transpiration en été. Les débusqueurs ne croyaient pas que la perte de l'ouïe était un problème, déclarant qu'ils s'étaient habitués au bruit.

Les vibrations lors de la conduite du véhicule constituaient l'aspect le plus déplaisant des conditions environnementales. Elles étaient la cause, selon les débusqueurs, des douleurs au dos, de coups fréquents reçus en étant projeté contre les parois intérieures de la cabine et de la fatigue des bras résultant du besoin de s'accrocher à l'intérieur de la cabine. Le manque de poignées et de points d'appui adéquats à l'intérieur

pour se ressaisir a été mentionné. Les erreurs de manipulations dans l'utilisation des commandes quand le débusqueur était projeté ont également été soulignées.

Modifications

Les modifications suggérées ou déjà effectuées comprenaient des coussins thermiques pour les sièges, des poignées pour s'agripper à l'intérieur ainsi qu'à l'extérieur, des marches supplémentaires, des ventilateurs, un espace de rangement supplémentaire de même qu'un rembourrage du plafond et des côtés de la cabine.

Analyse

L'objectif de l'étude était de servir de recherche préliminaire. La validité des commentaires présentés ci-dessous dépend non seulement de la précision des mesures effectuées mais également du degré de représentativité des conditions observées quant à la manoeuvre d'une débusqueuse dans l'ensemble.

L'échantillon n'était pas considérable et le fondement du choix était exposé à des distorsions, mais il ne semble pas y avoir de raison particulière de croire que ces résultats ne sont pas généralement indicatifs des conditions observées ailleurs. Néanmoins, toutes les conclusions fondées sur les données présentées ici devraient être considérées comme étant fournies à titre de suggestion et sujettes à confirmation par des études capables d'élaborer plus en détail les aspects choisis. Cette étude doit servir à guider ce choix.

Montée et descente

L'une des caractéristiques les plus remarquables du cycle de travail était la fréquence des montées et des descentes. Dix montées et descentes pour chaque cycle suppose que les débusqueurs montaient et descendaient quelque 200 fois par jour. La plupart des débusqueurs étaient d'avis que cet effort était une source importante de stress. Deux facteurs pourraient faire l'objet de préoccupations, soit la fatigue et la possibilité de glisser.

La fatigue augmente avec la fréquence. La fatigue dans les jambes augmente avec la hauteur totale grimpée et la hauteur des marches individuelles. Des barres de prise mal placées fatiguent les bras qui tirent le corps en position. Cet effet est accentué si les marches ne sont pas décalées vers l'intérieur, car les jambes ne peuvent fournir de force efficace vers le haut et les bras doivent être utilisés pour empêcher le corps de tomber vers l'extérieur. Les débusqueurs de taille inférieure sont défavorisés par des marches très écartées et des poignées hors d'atteinte. Les débusqueurs plus vieux ou plus pesants considèrent la montée et la descente généralement plus exigeantes. La plupart des débusqueurs ne suivaient pas le principe de contact en trois points ou ne pouvaient le faire (Couch et Fraser, 1981).

Les dimensions des marches individuelles et la structure de la surface influent sur l'aire de contact du pied-à-la-marche ainsi que la friction, qui en retour ont un effet sur le degré de stress imposé aux jointures de la cheville et la probabilité de glisser. Le degré de déséquilibre du centre de gravité du corps lors d'un faux pas détermine les conséquences de ce faux pas pour la personne concernée.

Une fréquence élevée de montées et de descentes est non seulement reliée à une probabilité plus élevée de glisser mais détermine également en partie l'attitude du débusqueur face aux règles de sécurité qui font perdre du temps, comme la descente face à la cabine. Ce cas particulier était également considéré intrinsèquement non sécuritaire parce que nuisant au placement des pieds au sol sans danger. Cela peut être vrai ou non, mais la situation mérite une étude systématique, car les faux pas et les chutes sont une cause majeure d'accidents. Les débusqueurs ont également affirmé que les dimensions de l'entrée de la cabine empêchaient de se retourner facilement avant de descendre. Cela serait plus probable dans le cas des débusqueurs plus lourds.

Trouver un moyen de réduire la fréquence des montées et des descentes serait probablement avantageux. Il est également apparu que la majorité des machines observées ne satisfaisaient pas aux critères recommandés dans la documentation quant aux dimensions de portes, de marches et de rampes de soutien.

Vibrations globales du corps

Les niveaux mesurés de vibrations globales dans chaque axe étaient extrêmement élevés, c'est-à-dire bien au-delà des limites recommandées par ISO 2631-1978E. Les conséquences immédiates pour les débusqueurs étaient des secousses sur la colonne vertébrale, des heurts contre les parois intérieures de la cabine et une mauvaise manoeuvre des commandes lors des secousses. Même en l'absence de secousses, il est probable que le rendement est réduit de façon importante en termes de manoeuvre des commandes et de perception visuelle. Le meilleur moyen pour les débusqueurs de s'adapter à cette situation serait de réduire la vitesse de conduite. Les débusqueurs éprouvant déjà des douleurs au bas du dos réduiraient vraisemblablement leur vitesse plus que les autres. Il est possible que les débusqueurs inexpérimentés ou plus jeunes s'infligent plus de blessures et endommagent leur machine parce qu'ils conduisent trop vite.

Les conséquences à long terme des niveaux de vibrations observés comprennent vraisemblablement des douleurs chroniques au bas du dos et des troubles internes. De tels troubles ont été associés à la conduite de tracteurs agricoles qui imposent probablement des niveaux de vibrations globales inférieurs (Rosegger et Rosegger, 1960; Bottoms et Varber, 1978; Braunbeck et Wilkinson, 1981). Il convient de noter un aspect de l'étude de Rosegger selon lequel la déformation de la colonne vertébrale peut être décelée cliniquement bien avant que les débusqueurs s'en plaignent, et de telles plaintes prennent plusieurs années avant d'être formulées.

Un aspect important de la vibration observé dans cette étude était les niveaux élevés de pics. Les limites des instruments utilisés rendaient impossible l'évaluation du nombre de secousses soudaines au cours de chaque cycle. Un seul pic était enregistré pour chaque cycle de travail observé. Cependant, il semble possible que trois ou quatre secousses d'intensité similaire aient été subies au cours de chaque cycle de travail. De plus, les pics supérieurs à 146 dB (la limite supérieure indiquée dans ISO 2631-1978E) n'étaient pas incorporés dans les Leq calculés (Rasmussen, 1982). Cela signifie que les données Leq présentées dans cette étude sous-estiment les niveaux de vibrations auxquels les débusqueurs sont soumis. C'est pour cette raison que les crêtes (qui, possiblement, induisent en erreur) n'ont pas été indiquées.

Aussi, l'appareil était incapable d'identifier les fréquences auxquelles se produisaient les intensités de vibrations dominantes. Il y a très peu de données recueillies sur les vibrations globales du corps dans les véhicules de foresterie ailleurs que sur les routes. On ignore à peu près tout des effets des impacts fréquents à intensité élevée du type observé lorsque la débusqueuse roule sur une souche ou un grosse pierre ou que la lame accroche une souche de façon inattendue. Il est difficile de ne pas être d'accord avec Hansson et Wikstrom (1981) sur le fait que les normes ISO concernant les vibrations globales du corps ne sont pas faciles à appliquer au travail de foresterie. Les niveaux observés dans la présente étude doivent être confirmés mais ils constituent certainement un objet de préoccupation.

Des atténuations à court terme de certaines des conséquences nuisibles à la santé des niveaux de vibrations observés peuvent être réalisables, mais à long terme une réduction de la qualité de vibrations auxquelles l'homme et la machine sont soumis pourrait être nécessaire.

Le siège et sa suspension ne sont qu'une partie de la solution au problème des vibrations globales du corps. Un autre aspect identifié précisément par les débusqueurs est la difficulté de se cramponner ainsi que le manque de poignées pour s'accrocher et de rembourrage protecteur.

On remarquera qu'il est possible qu'une partie importante de la dose quotidienne de vibrations puisse être absorbée au cours du voyage entre le camp et la zone de coupe.

Conditions thermiques

Plusieurs facteurs contribuaient à l'inconfort thermique des débusqueurs. Ces derniers pouvaient difficilement régler leur environnement thermique. Cette situation était partiellement attribuable à la fréquence des montées et des descentes qui nuisait à

l'isolation de la cabine. Un autre facteur était l'alternance fréquente entre un travail très actif, causant la sudation, et la conduite de véhicule, une activité plus passive. Ce contraste rendait difficile l'équilibre vestimentaire en hiver. D'autres facteurs étaient les sièges froids et le manque de protection contre le vent.

Bruit

La plupart des débusqueurs interviewés ne considéraient pas le bruit comme un problème bien que les niveaux de bruit étaient le plus souvent bien au-dessus des niveaux recommandés pour éviter de perdre l'ouïe (OML, 1982). Plusieurs machines exposaient le débusqueur à des niveaux quatre fois plus élevés que la dose quotidienne recommandée. Des doses supérieures à 100 % étaient la règle plutôt que l'exception. Malgré les nombreuses études menées sur ce problème (par exemple Reif et Howell, 1973; Howell, 1974), il est évident que les débusqueurs demeurent toujours exposés à des niveaux de bruit extrêmes. La plupart des débusqueurs refusaient le port du protecteur auditif pour des raisons d'inconfort ou d'interférence avec d'importants signaux auditifs. Cependant, même avec le port du protecteur, il est probable que ce dernier ne soit que partiellement efficace à cause de la détérioration de l'équipement protecteur ou de son utilisation incorrecte.

Besoins en renseignements

Le débusqueur a besoin de deux renseignements importants. L'un d'eux est l'information visuelle pour se trouver un chemin à travers la forêt, et l'autre est la connaissance des allées et venues du bûcheron de son équipe pour sa propre sécurité et celle du bûcheron. L'information visuelle est gênée principalement par différentes caractéristiques de la débusqueuse elle-même. La vision à l'arrière est non seulement obstruée mais elle impose également des postures fatigantes.

Obtenir des données sur les allées et venues du bûcheron comportait deux problèmes reliés: un champ visuel restreint à partir du véhicule et à travers les broussailles. Le manque de contraste entre le vêtement et l'arrière-plan ajoutait aux problèmes de détection visuelle.

Une seconde, mais importante indication de la position du bûcheron, est le bruit de la scie à chaîne. Ce bruit est souvent masqué par celui du moteur du véhicule lorsque le débusqueur est à bord de sa machine. Aussi lorsque le véhicule est en marche, l'attention du débusqueur est divisée alors qu'il doit faire fonctionner la machine, repérer la charge et se tenir éloigné du bûcheron.

Les débusqueurs considéraient la communication avec les bûcherons comme importante mais insatisfaisante. C'est un domaine qui devrait être examiné de façon plus approfondie. Comme correctifs, on peut prévoir les commandes à distance pour le débusqueur au cours du rebobinage, le port de vêtement de couleur, ainsi qu'un autre système de communication auditive.

Caractéristiques de la cabine

L'espace intérieur de la cabine était, dans l'ensemble, satisfaisant, à l'exception de la hauteur. Dans la plupart des cabines évaluées, le toit était trop près de la tête des débusqueurs selon les listes de contrôle examinées. Ces données peuvent être comparées avec les indications des débusqueurs selon lesquelles la cabine est trop petite et les débusqueurs se frappent souvent la tête contre les parois de la cabine lorsque leur véhicule heurte un obstacle. Le manque d'espace de rangement à l'intérieur a également été souligné.

Les dimensions de l'entrée, soit la largeur et la hauteur de la cabine, étaient le plus souvent insatisfaisantes car elles gênaient la montée et la descente, en particulier lorsque les marches n'étaient pas alignées directement sous l'entrée de la cabine, ou que le débusqueur devait se tourner quand il entrait ou sortait.

La distance entre les marches était souvent trop grande. La largeur et la profondeur des marches étaient plus fréquemment à l'intérieur des limites recommandées.

Dans la plupart des cas, il y avait des poignées de prise à l'extérieur mais elles étaient toutes trop loin au-dessus du sol. La longueur des poignées variait considérablement. Seulement trois poignées de prise ont été observées à l'intérieur et elles avaient toutes été fixées à la demande du débusqueur. L'une de ces poignées avait pour fonction d'aider le débusqueur à se cramponner au cours de la conduite, et les autres servaient à se déplacer du siège à la sortie au cours de la montée et de la descente.

Formation

Un facteur qui mérite qu'on s'y attarde concerne la longue expérience nécessaire avant qu'un débusqueur se considère efficace. De plus, il est probable que de telles auto-évaluations de compétence soient bien en-deça des niveaux possibles d'efficacité.

La formation industrielle en général est un sujet très négligé et souvent rejetée comme banale, sauf dans le cas des métiers spécialisés. Cependant, l'uniformisation et l'accélération de l'apprentissage peuvent être utiles à la plupart des emplois industriels, et l'intérêt accru visant à identifier les besoins de formation peut uniquement conduire à des

manoeuvres plus efficaces et à un environnement plus sécuritaire. L'évaluation des débusqueurs de leurs difficultés d'apprentissage des différentes tâches dans un cycle de travail indique où l'effort de formation peut être appliqué pour donner les meilleurs résultats.

Conclusions

La plupart des remarques négatives mentionnées dans ce rapport proviennent de deux aspects des systèmes de débusqueuses observés. Il s'agit du besoin de se déplacer en débusqueuse pour se rendre au lieu de l'abattage et le besoin de monter et descendre fréquemment. Si l'une ou l'autre de ces demandes pouvait être réduite, alors plusieurs des préoccupations constatées ici disparaîtraient. Si le temps de déplacement ainsi que les exigences de sortie pouvaient être réduites, alors non seulement les stress de vibration sur l'homme et la machine seraient réduits, mais également la fatigue ainsi que les faux pas et les chutes reliées à la montée et à la descente. En même temps, cela accroîtrait la praticabilité d'une cabine à climat fermé et où le bruit est assourdi.

Il est évident que la présentation d'un nouveau type de cabine dépend non seulement de facteurs humains mais constitue une démarche à long terme. À court terme, plusieurs petites modifications pourraient être mises à l'essai. Certaines d'entre elles, qu'il vaut la peine d'examiner, sont énumérées ci-dessous:

1. installation de poignées de prise à l'intérieur de la cabine;
2. installation de poignées de prise améliorées à l'extérieur;
3. réglage accru du siège;
4. amélioration de l'isolation thermique du siège;
5. amélioration des dossiers du siège;
6. accroissement des dimensions des marches;
7. installation de rembourrage protecteur à l'intérieur de la cabine; et
8. accroissement de l'espace au-dessus de la tête à l'intérieur de la cabine.

Cependant, il convient de souligner que ces suggestions ne traitent que les symptômes et non la racine du problème identifié.

En résumé, cette étude identifie clairement un certain nombre d'aspects de la conduite des débusqueuses, qui exigent une étude plus sytématique.

Le premier d'entre eux est la nature et les conséquences des hauts niveaux de vibrations globales du corps auxquelles les débusqueurs sont exposés. Non seulement il faudrait en connaître davantage au sujet des niveaux actuels d'exposition, leurs conséquences à court terme et les façons de réduire l'impact immédiat, mais les conséquences à long terme devraient être examinées.

Une recherche épidémiologique est nécessaire pour identifier les conséquences à long terme de l'exposition à de telles conditions en termes de modifications à la colonne vertébrale et des troubles viscéraux parmi les anciens débusqueurs et ceux qui exercent

leur métier actuellement. Les variables physiologiques et le rendement associés dans l'accomplissement d'une tâche ainsi que les stress environnementaux doivent être étudiés en détail.

Un second domaine qui devrait être amélioré est la montée et la descente en termes de conception de l'entrée de la cabine, des marches, des rampes de prise de même que la fréquence des montées et des descentes.

Les améliorations à l'intérieur de la cabine comprennent le siège en termes d'isolation thermique, de support du dos et de suspension. Le réglage de la température dans une certaine mesure est également très souhaitable. Enfin, la plupart des débusqueurs ne reçoivent aucune formation systématique ou très peu.

Certaines des caractéristiques de la conduite des débusqueuses identifiées semblent très faciles à améliorer. Certaines autres sont moins définies et exigent une étude ou confirmation supplémentaire. D'autres encore semblent atteindre directement le fondement de l'activité de coupe et de débusquage comme concept.

Bibliographie

ACGIH 1982 - (American Conference of Governmental Industrial Hygienists). Threshold limit values for physical agents adopted by ACGIH for 1982. ACGIH: Cincinnati.

Aminoff, S.; Hansson, J. E.; Lofroth, C.; Petterson, B.; Zylberstein, M. 1980. An ergonomic checklist for transport and materials handling machinery. 2nd Edition. The Logging Research Foundation with the National Board of Occupational Safety and Health and the Royal College of Forestry, Sweden.

Aminoff, S. 1982. Communication personnelle.

Bottoms, D. J.; Barber, T. S.; Chisholm, C. J. 1979. Improving access to the tractor cab: an experimental study. J. Agr. Eng. R. 24:267-284.

Bottoms, D. J.; Barber, T. S. 1978. A swivelling seat to improve tractor drivers' posture. Appl. Ergonomics 9(2):77-84.

Braunbeck, O. A.; Wilkinson, R. H. 1981. Simulation of human spine deformations for low amplitude sinusoidal excitation. Transactions of Am. Soc. Agr. Eng. 24:9-13.

Cottell, P.; Lawrence, P.; Young, G.; Sauder, B.; Muscroft, K. 1980. Understanding man-machine relationships in logging. Pulp Pap. Can. 81(2):61-66.

Couch, D. B.; Fraser, T. M. 1981. Access systems of heavy construction vehicles: parameters, problems and pointers. Appl. Ergonomics 12(2):102-110.

Environnement Canada, Ottawa. Température et précipitation. Moyennes du climat canadien - Cntario, 1951-1980.

Frykman, B. 1982. Communication personnelle.

Griffin, M. J.; Lewis, C. H. 1978. A review of the effects of vibration and visual acuity and continuous manual control, Part I: visual acuity. J. Sound Vib. 56(3):383-413.

Hansson, J. E.; Wikstrom, B. O. 1981. Comparison of some technical methods for the evaluation of whole-body vibration. Ergonomics 24(12):953-963.

Howell, A. R. 1974. Study of the exposure of noise of operators of mechanical logging equipment in British Columbia. Inf. Rep. FMR-X-61, Study FM-132, Environment Canada, Canadian Forestry Service, Ottawa.

Hughes, A. J. G. 1982. Ergonomics of equipment design and operation in forestry. Ergonomics 25(1):3-9.

Industry, Trade and Commerce. 1978. Analysis of wood costs in North American forest products industries. Ottawa.

International Standards Organization. 1978. ISO 2867. Earth-moving machinery access systems. Geneva.

International Standards Organization. 1978. ISO 2631-1978(E). Guide for the evaluation of human exposure to whole-body vibration. Geneva.

Kjellstrand, G. 1982. Communication personnelle.

Lewis, C. H.; Griffin, M. J. 1978. A review of the effects of vibration on visual acuity and continuous manual control, Part II: continuous manual control. J. Sound Vib. 56(3):415-457.

Ontario Ministry of Labour 1982. Industrial Establishment Regulation 692 and Section 114, Subsection 5. Toronto.

Matthews, J.; Knight, A. A. 1971. Ergonomics in agricultural equipment design. National Institute of Agricultural Engineering: Silsoe, United Kingdom.

Pasmooij, C. K.; Van der Grinten, M. P. 1981. Naar ergonomisch verantwoorde cabine van mobile kranen in de bouwnijuerheid. Leiden, Netherlands: Nederlands Instituut Voor Praeventieve Gezondheidszorg TNO.

Pasmooij, C. 1982. Communication personnelle.

Purcell, W. F. H. 1980. The human factor in farm and industrial equipment design. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, Mich.

Rasmussen, G. 1982. Communication personnelle.

Rehschuh, D.; Tzschockel, D. 1979. Checklist for ergonomic evaluation of forest machines. Federal centre for forest operations and techniques: West Germany.

Reif, Z. F.; Howell, A. R. 1973. Study of the exposure to noise of operators of mechanized equipment in logging operations in Eastern Canada. Inf. Rep. FMR-X-53, Study FM-93; Environment Canada, Canadian Forestry Service, Ottawa.

Rosegger, R.; Rosegger, S. 1960. Health effects of tractor driving. J. Agr. Eng. R. 5:241-274.

Troup, J. D. G. 1978. Drivers' back pain and its prevention: a review of the postural, vibratory and muscular factors, together with the problem of transmitted road shock. Appl. Ergonomics 9(4):207-214.

Workmens' Compensation Board. 1977. Annual financial and statistical report. British Columbia, Vancouver.

Zerbe, W. J. 1979. Preliminary FERIC guide to ergonomic evaluation of logging equipment. Technical Note No. TN-30: Forestry Engineering Research Institute of Canada, Vancouver.